

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-155011

(43)Date of publication of application : 06.06.2000

(51)Int.Cl.

G01B 11/00

G06T 7/00

(21)Application number : 10-329261

(71)Applicant : HITACHI LTD
HITACHI PROCESS COMPUT ENG
INC

(22)Date of filing : 19.11.1998

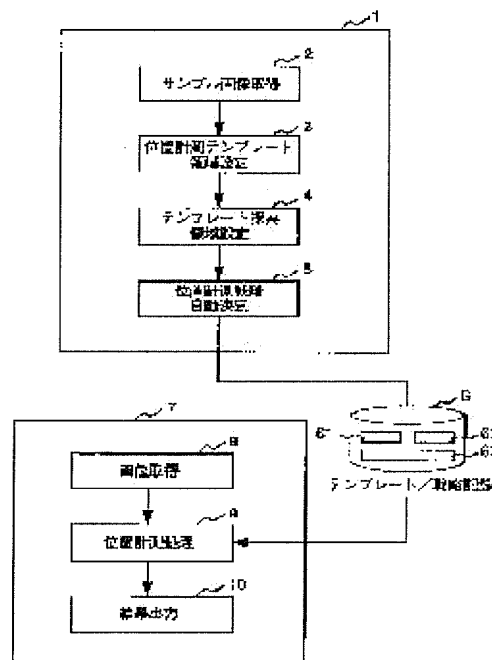
(72)Inventor : MURAMATSU SHOJI
OTSUKA YASUSHI
KOBAYASHI YOSHIKI
SHIMIZU HIDESHI
IMAI SATOHIKO

(54) POSITION MEASURING METHOD AND DEVICE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To automatically determine the optimization of parameters such as the combination of preprocessing filters and the thinning ratio of matching processes without the intervention of a worker.

SOLUTION: This position measuring device is provided with a means 2 acquiring a good sample image of the same kind as the image of an on-line inspection, a means 3 setting a template region used for position measurement, a means 4 setting the search area scanning a template for position measurement, and a means 5 automatically determining the strategy for stably conducting position measurement at a high speed. The position measurement strategy automatic determining means 5 optimized the parameters such as the kind and sequence of filter processing and thinning ratio in response to the sample image with the template and search area set manually. The genetic algorithm(GA) is employed for determining the optimum combination of parameters.



* NOTICES *

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.*** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1]In a position measurement method which inputs an object image, performs predetermined pretreatment, performs search processing by a template including the feature of a prescribed position of said object image, and measures said prescribed position, As opposed to a template and a seek area which were beforehand set up based on a sample picture of said object image, A position measurement method performing said pretreatment with combination of a parameter which chose combination of a parameter which consists of two or more kinds and turn of filtering so that the feature of a picture might be maintained or emphasized, and was chosen on the occasion of position measurement by said object image.

[Claim 2]In a position measurement method which inputs an object image, performs predetermined pretreatment, performs search processing by a template including the feature of a prescribed position of said object image, and measures said prescribed position, As opposed to a template and a seek area which were beforehand set up based on a sample picture of said object image, Combination of a parameter including an infanticide rate and an infanticide position of the direction of X of a picture for a kind of two or more filtering for said pretreatment, turn, and said search processing, and the direction of Y, A position measurement method performing said pretreatment and said search processing with combination of a parameter which chose maintaining the feature of a picture so that said search processing might be accelerated, and was chosen on the occasion of position measurement by said object image.

[Claim 3]A position measurement method performing position measurement of ** which made low first resolution of a picture used with the application of combination of said parameter in claim 2, narrowing said seek area by the result, and restoring said resolution and performing dense position measurement.

[Claim 4]a recognition degree according [on claim 1, 2, or 3 and / combination of said parameter] to conducts matching of said template and said sample picture -- high -- and processing time -- a position measurement method choosing so that it may become short.

[Claim 5]A position measurement method determined in claim 4 depending on a difference of a correlation value in said prescribed position according [said recognition degree] to said conducts matching, and maximum correlation values other than said prescribed position.

[Claim 6]A position measurement method acquiring maximum correlation values other than said prescribed position from a result of conducts matching to all these image data in claim 5 when two or more image data is obtained from an infanticide rate set as a picture to be used.

[Claim 7]A position metering device which inputs an object image, performs predetermined pretreatment, performs search by a template including the feature of a prescribed position of said object image, and measures said prescribed position, comprising:

A template area setting-out means to set up a template used for position measurement based on a sample picture of said object image.

A template seek-area setting-out means to set up a seek area which scans said template.

A parameter selecting means which chooses combination of a parameter including a kind and turn of filtering performed to said sample picture as said pretreatment using a template and a seek area which were set up by these means so that the feature of a picture may be maintained

or emphasized.

[Claim 8] A position metering device which inputs an object image, performs predetermined pretreatment, is provided with position measuring structure which performs search processing by a template including the feature of a prescribed position of said object image, and measures said prescribed position, comprising:

A template area setting-out means to set up a template used for position measurement based on a sample picture of said object image.

A template seek-area setting-out means to set up a seek area which scans said template.

A template and a seek area which were set up by these means are used, A parameter selecting means chosen so that said search processing can be accelerated maintaining the feature of a picture for combination of a parameter including an infanticide rate and an infanticide position of a kind of filtering performed to said sample picture as said pretreatment, turn, the direction of X of said sample picture, and the direction of Y.

[Translation done.]

* NOTICES *

JP0 and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.**** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention]This invention relates to the position measurement method and device which determine the combination strategy of pretreatment or infanticide processing automatically, in order to perform position measurement of the object set up especially freely at high speed and stably about the position measurement which used the picture.

[0002]

[Description of the Prior Art]There are some which used the picture for one of the art used for a position metering device. In the position metering device using this picture, the object which wants to measure a position beforehand is registered as a template, a template is scanned out of the inputted picture, template matching is performed, and the target position is measured in the place where the correlation value became the highest. This art is used by the manufacturing process of various industrial commodities, such as the printed circuit board, and marking which is the target of measurement is called an alignment mark.

[0003]In this position measurement, it is adjusting so that the alignment mark which set up the pattern which replaces an alignment mark suitable for position measurement and it by the picture, and was set up using template matching can measure stably. As concrete contents of adjustment, there are combination etc. of the resolution of the picture for processing at high speed, pretreatment which emphasizes that the characteristic quantity in a picture is stably measurable, and also resolution and pretreatment. The developer well versed in image processing is performing these adjustments by trial and error for every object of position measurement.

[0004]There is a method of dividing position measurement processing into two steps of coarse measurement and dense measurement, and carrying it out as conventional technology of the position measurement using a picture. That is, resolution of a picture is made low, position measurement is performed coarsely at high speed, and position measurement is carried out with high precision by the second step of measurement using the picture of high resolution. According to JP,8-111599,A which shows an example of this method, a great portion of position was extracted at high speed as a method of dividing processing into two steps using concentration projection, and the method which computes the correlation value of a template and an inputted image and performs position measurement with sufficient accuracy after that is adopted. The procedure of the general position measurement by pretreatment, coarse position measurement processing, and dense position measurement processing is shown in the flow chart of drawing 2.

[0005]

[Problem(s) to be Solved by the Invention]When performing position measurement using a picture, it becomes important how the set-up template can detect at high speed and stably in an inputted image. In the method of dividing processing into two steps, when an alignment mark is not small, or a pattern is complicated and concentration projection is not obtained stably, it becomes difficult to carry out position measurement stably. An alignment mark is small, or when a pattern is complicated, the feature in a picture is missing, making resolution of a picture low, making data volume small, and performing position measurement is considered, and this method cannot perform stable matching by template matching, either.

[0006]In order to perform conducts matching stably, it is necessary to emphasize the feature of a picture that the feature is not missing, even if it drops the resolution of a picture, or to adjust the degree which drops resolution so that the feature may not be missing. That is, it is necessary to change the strategy of performing position measurement according to the situation of the picture to be used, and adjustment of a parameter required for position measurement, such as setting out of a template and resolution for the field to search and improvement in the speed, is needed.

[0007]The procedure of the conventional strategy decision is shown in drawing 3. Conventionally, in retrieval-strategy setting out (S24), parameters which a worker uses for pretreatment, such as a kind of filter and reduction percentage (infanticide rate) of image data, were set experientially. And when evaluating to two or more samples (S25) and not filling the demanded performance, (NG) performs the re set of a retrieval strategy by feedback (S28). In not filling performance only with change of a retrieval strategy, the re set of the feedback S27, S26, and a template and a seek area is further needed.

[0008]Thus, in order for a worker to apply for a long time whenever it evaluates a sample, and to perform resetting of a parameter, and reappraisal conventionally, it is a burden heavy for a worker. Since the emphasis processing of a picture feature needs an expert's know how, it serves as work difficult for ordinary workers.

[0009]The purpose of this invention is to provide the position metering device which can determine the strategy of the stable position measurement technique at high speed without conquering the problem of conventional technology, performing optimization of a parameter, etc. automatically, and a worker intervening.

[0010]

[Means for Solving the Problem]A position measurement method of this invention which attains the above-mentioned purpose, When input an object image, predetermined pretreatment is performed, search processing by a template including the feature of a prescribed position of said object image is performed and it measures said prescribed position, As opposed to a template and a seek area which were beforehand set up based on a sample picture of said object image, Combination of a parameter which chose combination of a parameter which consists of two or more kinds and turn of filtering so that the feature of a picture might be maintained or emphasized, and was chosen on the occasion of position measurement by said object image performs said pretreatment.

[0011]Combination of a parameter including an infanticide rate and an infanticide position of the direction of X of a picture for a kind of two or more filtering for said pretreatment, turn, and said search processing, and the direction of Y, Combination of a parameter which chose maintaining the feature of a picture so that said search processing might be accelerated, and was chosen on the occasion of position measurement by said object image performs said pretreatment and said search processing.

[0012]Position measurement of said object image is performed to two steps, position measurement of ** which made low first resolution of a picture used with the application of combination of said parameter is performed, said seek area is narrowed by the result, and said resolution is restored and dense position measurement is performed.

[0013]a recognition degree according [combination of said parameter] to conducts matching of said template and said sample picture -- high -- and processing time -- it chooses so that it may become short Said recognition degree is determined depending on a difference of a correlation value in said prescribed position by said conducts matching, and maximum correlation values other than said prescribed position. Maximum correlation values other than said prescribed position are acquired from a result of conducts matching to all these image data, when two or more image data is obtained from an infanticide rate set as a picture to be used.

[0014]A position metering device of this invention inputs an object image, and predetermined pretreatment is performed, Search by a template including the feature of a prescribed position of said object image is performed, A template area setting-out means to set up a template which measures said prescribed position and is used for position measurement based on a sample picture of said object image, A template seek-area setting-out means to set up a seek area

which scans said template, A template and a seek area which were set up by these means are used, A retrieval-strategy decision mechanism which has a parameter selecting means which chooses combination of a parameter including a kind and turn of filtering performed to said sample picture as said pretreatment so that the feature of a picture may be maintained or emphasized was provided.

[0015] Or input an object image, perform predetermined pretreatment and it has position measuring structure which performs search processing by a template including the feature of a prescribed position of said object image, A template area setting-out means to set up a template used for position measurement based on a sample picture of said object image, A template seek-area setting-out means to set up a seek area which scans said template, A template and a seek area which were set up by these means are used, Combination of a parameter including an infanticide rate and an infanticide position of a kind of filtering performed to said sample picture as said pretreatment, turn, the direction of X of said sample picture, and the direction of Y, maintaining the feature of a picture. It had a retrieval-strategy decision mechanism which has a parameter selecting means chosen so that said search processing can be accelerated, and according to combination of a parameter selected by said retrieval-strategy decision mechanism, it constituted so that pretreatment and search processing in said position measuring structure might be performed.

[0016] According to this invention, if a worker sets up a template area and a seek area of a template, filtering of pretreatment which enables stable position measurement according to a picture to be used can be chosen automatically.

[0017] Since it can choose automatically so that the feature required for position measurement may not be lost even when resolution is made low for combination of resolution (infanticide rate) of a picture in filtering and search processing in pretreatment, parameter tuning for stable position measurement can reduce remarkably at high speed.

[0018] That is, according to this invention, a worker only sets a pattern which replaces an alignment mark or it as a device, and can perform high-speed and stable position measurement by a strategy created for every object.

[0019]

[Embodiment of the Invention] Hereafter, one embodiment of this invention is described in detail using a drawing. Drawing 1 is a block diagram showing the processing capability of the position metering device using the picture by one example. Position measurement of this example is searched for an applicable position by investigating a correlation value to see with which portion of an inputted image the template picture registered beforehand matches most. Therefore, it comprises the position measuring structure 7 which performs position measurement using the strategy set to the retrieval-strategy setting mechanism 1 which sets up a template picture and a retrieval strategy, and the recording device 6 which records those information.

[0020] The retrieval-strategy setting mechanism 1 acquires the sample of the picture used for position measurement by the sample picture acquisition means 2, A worker sets up a template picture using a graphical interface (GUI) to the field of the alignment mark of the sample picture acquired by the position measurement template area setting-out means 3. The field in the sample picture which searches for a template is set up by the template seek-area setting-out means 4.

[0021] Next, the position measurement strategy automatic determination means 5 estimates the template picture and seek area which the worker set up, and pretreatment and the speeding up technique of the emphasis processing etc. which are applied to a picture are automatically determined so that position measurement can be performed at high speed and stably.

[0022] the template picture, seek-area information, and retrieval-strategy information which were determined since processing performed by the retrieval-strategy setting mechanism 1 was carried out off-line -- each of the recording device 6 -- it is stored in the template picture field 61, the seek-area information area 62, and the retrieval-strategy table 63.

[0023] It searches for the position measuring structure 7 which measures on-line using the technique of the retrieval strategy determined to the template picture stored in the recording device 6, and the inputted image of a seek area. For this reason, the inputted image which

actually carries out position measurement by the image acquiring means 8 is acquired, and the position measurement processing means 9 searches for the position of the template in an inputted image according to a retrieval strategy. In the result outputting means 10, a measuring result is displayed on a display and it transmits to the position control apparatus etc. which need a result.

[0024] Hereafter, the example applied to printed circuit board test equipment explains this invention. The position measuring structure of printed circuit board test equipment is shown in drawing 4. First, the substrate 49 of the sample (excellent article) of the object which performs position measurement is carried on the stage 43. The picture of a sample is acquired with the camera 41 and it transmits to the position metering device 42. According to inspection information, the position of the camera 41 is controlled by printed circuit board test equipment to the object part mounted on the substrate, and a part shape and size are inspected with it. Below, position measurement of the alignment mark on a printed circuit board is made into an example, and is explained.

[0025] The position metering device 42 comprises computer systems, such as a personal computer (PC), is provided with the above-mentioned retrieval-strategy setting mechanism 1, the recording device 6, and the position measuring structure 7, and performs a series of processings. First, a worker specifies the seek area 48 which searches for specification of the template 46 containing the alignment mark 46, and an alignment mark to the picture 45 of the substrate 49 of the sample displayed on the display 44. Based on this setting out, a retrieval strategy is automatically determined that it will mention later.

[0026] Next, one work after another to be examined is carried on the stage 43, and on-line processing of board inspection is started. The position measuring structure 7 performs position measurement of the alignment mark 46 using the picture of a work with the camera 41, and the retrieval strategy stored in the recording device 6. The measured position information is used for the mounted part on the printed circuit board, or the printed circuit board's own position amendment. That is, using the position information on the measured alignment mark, the stage 43 is operated and position amendment is performed.

[0027] Next, the contents of processing of the position measuring structure 7 are explained. Like drawing 2, the picture of the work used for position measurement is acquired first (S11). Position measurement of this example performs coarse position measurement, in order to process at high speed (S14), is limited to the narrow range and performs dense position measurement processing for carrying out position measurement with high precision, without reducing image data (S15). Thereby, highly precise position measurement can be performed at high speed.

[0028] In coarse position measurement processing of the processing S14, the image data used for position measurement was reduced, data volume used for processing was made small, and position measurement processing is accelerated. If image data is simply reduced at this time, the feature in a template or an inputted image will be missing, decline in a recognition rate will be produced, and stable position measurement will become difficult.

[0029] So, in this example, to the picture to be used, the pretreatment 1 – the pretreatment n perform two or more filtering (S12, S13), and the feature in a template or an inputted image is emphasized thru/or exaggerated. Thereby, even if it reduces image data, lack of the feature in a template can be prevented. In this example, the combination of filtering for pretreatment and the infanticide rate for improvement in the speed are automatically set up in the template and seek area which the worker set up.

[0030] This example automated setting out (S24) of a retrieval strategy and sample evaluation (S25) in drawing 3, and has adopted genetic algorithm:GA (an experiment and application of neuro / the hereditary technique: an interface, the February, 1992 item) as the determination of the optimal combination of two or more parameters of a retrieval strategy. Hereafter, the technique of the automation in this example is explained in detail.

[0031] Drawing 5 shows the element of the parameter of a retrieval strategy, and the explanatory view of strategy management. A smoothing filter, an edge enhancement filter, a maximum filter, a minimum filter, and a mean value filter are among filtering performed as pretreatment. Two or more processings exist with parameters [filter / each], such as window size and a weighting

factor. An example of a filter is shown in drawing 6. There are the filters B and C etc. as the filter A and an edge enhancement filter as a smoothing filter.

[0032]For this reason, the combination of the parameter of filtering becomes a huge number. In this example, as 15 kinds of filtering are made into the parameter of a retrieval strategy and that also including those without processing is shown in the strategy-management table of drawing 5 (b), the combination of five steps of filtering is created. Of course, the kind of filter of pretreatment and the combination of processing can be suitably changed according to the target picture.

[0033]An operation of two or more filtering is explained to drawing 7. For example, with the application of a minimum filter, the picture 72 is generated to the template picture 71 containing an alignment mark. In the picture 72, the dark space (black) of an alignment mark is expanded by minimum filtering, and is emphasized. Thereby, the feature of an alignment mark is emphasized and resolution lowering (infanticide) for improvement in the speed is made possible.

[0034]Or vertical edge emphasis filtering is performed to the template picture 71, maximum filtering is performed to the picture 73 of the result, and the picture 74 is generated. The template picture which emphasized only the vertical component of the alignment mark, and was thinned out by expanding without being missing in the feature is obtained. The resolution of the template picture used for matching can be fallen more by this, and also when a template picture is more complicated, the stable conducts matching becomes possible.

[0035]The explanatory view of the infanticide rate which is a parameter of a retrieval strategy is shown in drawing 8. In order to explain simply, 8x8 pixels of template pictures are used, 14x14 pixels is used for an inputted image, and it explains. An infanticide rate is independently set up in the direction of X, and the direction of Y (drawing 5). The examples of a graphic display are infanticide rate =2 of the direction of X, and infanticide rate =3 of the direction of Y. At this time, the pixel of the black dot has shown the data used for template matching.

[0036]Since the data volume used for conducts matching will decrease if an infanticide rate is enlarged (if resolution is made low), high speed processing becomes possible. However, if an infanticide rate is enlarged, the feature of a picture is missing easily and the suitable correlation value of a template and an inputted image cannot be computed. Therefore, it thins out by the picture of a processing object and it is necessary to adjust a rate.

[0037]In this example, the combination of filtering in pretreatment and the infanticide rate in conducts matching are adjusted automatically, the optimal combination of the parameter which can perform stable position measurement at high speed is determined as a retrieval strategy, and it stores in the strategy-management table 63. The combination of filtering becomes huge and the optimal combination changes with the inputted image used as the target template picture and search object, and resolution. Then, an automatic setup of a retrieval strategy is regarded as an optimal combination problem of pretreatment and an infanticide rate, and it optimizes using GA. GA is one of the optimization techniques which finds the combination which likens the combination of the parameter to optimize with a gene and generates a gene at random, and from which a good result is obtained.

[0038]The explanatory view of the gene in this example is shown in drawing 9. (a) is gene structure, and an infanticide rate is up to the direction of X, and 4 bits (0-15) of the directions of Y, and filtering sets up five steps of processings at 4 bits, respectively. (b) shows an example of a gene and is set to direction [of infanticide rate X] =5 (0101), and direction [of Y] =3 (0011). Filtering by the filter B (0010), the filter A (0001), the filter D (0100), the filter F (0110), and five steps of combination [having no processing (0000)] is performed in the filter of pretreatment. (c) shows 16 kinds of gene mapping values (4 bits) of filter A-O containing those without processing. Each filter of (b) is set up with this gene mapping value.

[0039]Drawing 10 shows processing of GA in this example. First, the initial group of a gene is generated (S31). The gene of an initial group carries out a broad kind of n genes with a random number. If drawing 9 (b) is taken for an example, n pieces will be generated at random to the bit array of the gene which consists of 28 bits using a random number.

[0040]Next, n child genes are created by decussation (S32). As shown in drawing 11, determine a cutting plane at random from two genes, two genes are made to cross, and a child gene is

generated. For example, a cutting plane is set as the 10th bit with a random number, 10 bits or less of two parent genes are replaced just as it is, and two child genes are generated.

[0041]Next, mutation generates n genes from the generated $2n$ gene (S33). As shown in drawing 12, mutation carries out bit flipping with the probability more than [which exists for each bit of every] fixed. For example, a random number generates a mutation value to the 13th bit, and bit flipping is performed when it is more than a value with a mutation value. By this, a gene can be changed minutely.

[0042]The goodness of fit which shows the superiority or inferiority of each gene to the gene which became a $3n$ piece by the above is computed (S34). And by selection, a gene with low goodness of fit disappears, and the number of the gene which it leaves to the next generation is made into n pieces (S35). A series of processings to S32–S35 are one generation. Whether what fulfills the terminating condition of optimization exists in these n genes for one generation, and when it judges (S36) and the terminating condition is not fulfilled, processing is repeated from decussation of S32. A terminating condition is satisfied, when the gene exceeding the threshold which goodness of fit defined beforehand exists, or when repeat frequency exceeds the number of times of regulation (for example, 30 generations).

[0043]In this example, although the method of decussation, mutation, and selection is performed as mentioned above, as long as the same operation is realizable, what kind of method may be used. that is, the number of genes which generates a new gene from an old gene (decussation) and which makes a gene produce change in a certain fixed probability (mutation) -- every generation -- fixed -- maintaining (selection) -- what is necessary is just to be able to do

[0044]Next, calculation of the goodness of fit of the processing S34 is explained. In consideration of two elements, a recognition degree and processing speed, the goodness of fit in this example is mutually multiplied so that it may be dependent on both of the qualities of an element. It is considered as the form which carries out a factorial by each weighting-factor m (≥ 0) and n (≥ 0) so that the dignity of a recognition degree and processing speed can be adjusted. Weighting-factor m and n are decided by the basic strategy of the accuracy of position measurement, and any of processing time to think as important, and can be treated usually almost fixed. The goodness of fit of this example is defined like several 1.

[0045]

[Equation 1]

Goodness-of-fit = $(m\text{-th power of recognition degree}) \times (n\text{-th power of processing speed})$

Here, since processing speed is in inverse proportion to the computation time of a correlation value, it depends for it on an infanticide rate, the size of a template or a seek area, and preprocessing time. On the other hand, a recognition degree depends for each element on the correlation value in a correct answer position and a wrong solution position depending on "the ease of finding it of a correct answer position", and the "difficulty of carrying out of erroneous recognition." The recognition degree of this example is defined like several 2.

[0046]

[Equation 2]recognition degree = $(\text{ease of finding it of correct answer position}) \times (\text{the difficulty of carrying out of recognition})$

a correct answer position finds it and correlation value-threshold 1 erroneous recognition in an easy = correct answer position carries out -- the maximum correlation value-threshold 2 in the correlation value-wrong solution position in a hard = correct answer position -- here, zero or less value of the "ease of finding it of a correct answer position" and the "difficulty of carrying out of erroneous recognition" is set to 0, respectively. In order to determine several 2 recognition degree, the mapping process of a template and an inputted image is performed and "the correlation value in a correct answer position" and "the maximum correlation value in a wrong solution position" are calculated. The infanticide rate of gene information and pretreatment (filtering should put together) are used for this mapping process.

[0047]The key map of correlation value distribution called for by a mapping process is shown in drawing 13. The peak 62 of a correlation value with the peak 61 of the highest correlation value high to "the correlation value in a correct answer position" and the next is "a maximum correlation value in a wrong solution position." From several 1 and several 2, goodness of fit

becomes large, so that the correlation value 62 is so small that the correlation value 61 is so large that the computation time of a correlation value is short.

[0048]In this example, since goodness of fit is defined as mentioned above, the combination of each element can be adjusted and it can also be set up freely whether priority is given to processing speed, or priority is given to a recognition rate.

[0049]In order to determine that a strategy will perform template matching stably, it is necessary to evaluate a data set used for processing of template matching to all the groups.

[0050]Relation between an infanticide rate and goodness of fit is shown in drawing 14. Like a graphic display, when 2 and the direction infanticide rate of Y are set as 3 for the direction infanticide rate of X to an inputted image, a data group used for conducts matching will be six kinds of (b) - (**). When stable conducts matching needs to be realized to these six kinds of all data, six kinds of all conducts matching are performed when calculating goodness of fit, and it realizes by applying to several 1 formula. That is, the highest value will be chosen with a correlation value of a wrong solution from six kinds of data in which the highest correlation value 62 in a wrong solution position was operated on a curtailed schedule from an inputted image. However, in computing goodness of fit, it is not indispensable requirements to take all the data groups into consideration as mentioned above.

[0051]Although goodness of fit was computed in this example in a formula shown in several 1 and several 2, various modification, such as making weighting each element of a recognition degree, or only asking for a recognition degree from a difference of "a correlation value of a correct answer position" and "a maximum correlation value of a wrong solution position", is possible. it is good in goodness of fit with same character also by a computable formula which is completely different if it comes out.

[0052]Although GA was adopted as the technique of optimization of parameter combination in this example, if it is the technique of optimizing a parameter of a certain valuation function (goodness of fit), it is good by other techniques, such as the steepest descent method.

[0053]As mentioned above, in an embodiment of this invention, it is possible to set up automatically the optimal position measurement strategy for a picture to be used. More, the strategy is optimized by high speed so that it may become stability more, and it can perform tuning which a worker was performing conventionally simply and efficiently.

[0054]Each means of a position metering device of drawing 4 may be realized by two or more physical means like drawing 1. Or it may be collected into a physical means whose function by two or more means is one, and may realize. Incidentally, in this example, common PC (clock frequency of about 200 MHz) was used, and one physical means has realized. Although optimal position measurement strategy is searched for with this PC, when a template picture (60x60 pixels) and a search image (512x440 pixels) are used, it ends in about 500 seconds. If it sees from working hours which were applying a trial-and-error method by the conventional help, and were carrying out **** adjustment, nothing etc. will be carried out and it will be that of a potato.

[0055]

[Effect of the Invention]Since the optimal combination of filtering which can maintain thru/or emphasize the feature of the picture to be used can be determined automatically beforehand according to position measurement of this invention, High-precision position measurement is attained, and the working hours which pretreatment of the picture had taken can be shortened substantially, and since a worker ends by the easy work which sets up a template area and a seek area, he does not require skill.

[0056]Since the combination in combination with optimal resolution (infanticide rate) of a picture whose filtering of pretreatment and resolution of a picture are still the more nearly optimal can be determined automatically, it is effective in the ability to perform the target position measurement at high speed and stably.

[Translation done.]

* NOTICES *

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.*** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

DESCRIPTION OF DRAWINGS

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1]The lineblock diagram of the position metering device by one example of this invention.

[Drawing 2]The flow chart showing the general procedure of position measurement using a picture.

[Drawing 3]The flow chart showing the decision procedure of the conventional retrieval strategy.

[Drawing 4]The explanatory view of the outline which applied the position metering device of this invention to the printed circuit board inspection.

[Drawing 5]The explanatory view showing the parameter of a retrieval strategy, and the data configuration of a retrieval-strategy table.

[Drawing 6]The explanatory view showing the filter factor of two or more filtering.

[Drawing 7]The explanatory view showing the operation by the combination of two or more filtering, and an effect.

[Drawing 8]The explanatory view of the infanticide rate applied to a template and an inputted image.

[Drawing 9]The explanatory view showing the composition of the gene by one example.

[Drawing 10]The flow chart showing the procedure of the genetic algorithm (GA) by one example.

[Drawing 11]The explanatory view showing the contents of processing of GA (decussation).

[Drawing 12]The explanatory view showing the contents of processing of GA (mutation).

[Drawing 13]The explanatory view showing distribution of the correlation value by conducts matching.

[Drawing 14]The explanatory view showing the relation between an infanticide rate and goodness-of-fit calculation.

[Description of Notations]

1 -- A retrieval-strategy setting mechanism, 2 -- A sample picture acquisition means, 3 -- Position measurement template area setting-out means, 4 -- A template seek-area setting-out means, 5 -- Position measurement strategy automatic determination means, 6 [-- Position measurement processing means,] -- A memory measure, 7 -- Position measuring structure, 8 -- An image acquiring means, 9 10 [-- A stage, 44 / -- A display, 45 / -- A picture, 46 / -- A template, 47 / -- An alignment mark, 48 / -- A seek area, 49 / -- A printed circuit board, 63 / -- Retrieval-strategy table.] -- A result outputting means, 41 -- A camera, 42 -- A position metering device, 43

[Translation done.]

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号
特開2000-155011
(P2000-155011A)

(43)公開日 平成12年6月6日(2000.6.6)

(51)Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テーマコード*(参考)
G 0 1 B 11/00		C 0 1 B 11/00	H 2 F 0 6 5
G 0 6 T 7/00		C 0 6 F 15/62	4 0 0 5 B 0 5 7

審査請求 未請求 請求項の数8 O L (全 11 頁)

(21)出願番号 特願平10-329261

(22)出願日 平成10年11月19日(1998.11.19)

(71)出願人 000003108
株式会社日立製作所
東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(71)出願人 000233158
日立プロセスコンピュータエンジニアリング株式会社
茨城県日立市大みか町5丁目2番1号

(72)発明者 村松 彰二
茨城県日立市大みか町七丁目1番1号 株式会社日立製作所日立研究所内

(74)代理人 100061893
弁理士 高橋 明夫 (外1名)

最終頁に続く

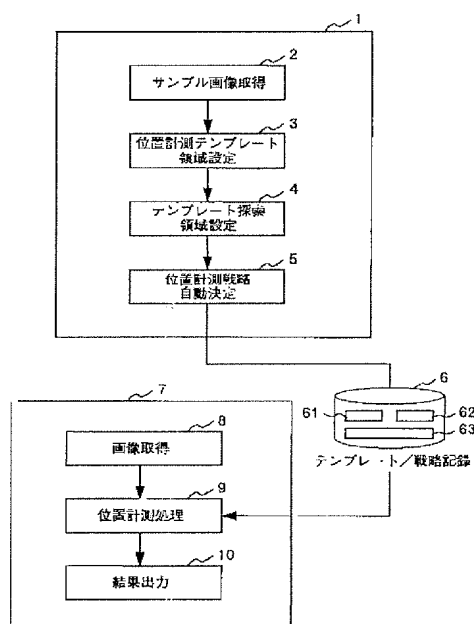
(54)【発明の名称】 位置計測方法および装置

(57)【要約】

【課題】画像を用いる位置計測で、前処理のフィルタの組合せやマッチング処理の間引き率などのパラメータの最適化を、作業者が介入することなく自動的に決定する。

【解決手段】オンライン検査の画像と同種で良品のサンプル画像を取得する手段2、位置計測に使用するテンプレート領域を設定する手段3、位置計測を行うためにテンプレートを走査する探索領域を設定する4、及び位置計測を高速かつ安定に行う戦略を自動的に決定する手段5を備えている。位置計測戦略自動決定手段5は人手により設定されたテンプレートと探索領域を用いて、フィルタ処理の種類と順番、及び間引き率のパラメータをサンプル画像に適用して最適化する。パラメータの最適組合せの決定には、遺伝的アルゴリズム(GA)を採用している。

図 1



【特許請求の範囲】

【請求項1】 対象画像を入力して所定の前処理を行い、前記対象画像の所定位置の特徴を含むテンプレートによる探索処理を行って、前記所定位置を計測する位置計測方法において、

予め、前記対象画像のサンプル画像に基づいて設定したテンプレートと探索領域に対し、複数のフィルタ処理の種類と順番からなるパラメータの組み合わせを、画像の特徴が維持または強調されるように選択し、

前記対象画像による位置計測に際して、選択されたパラメータの組み合わせによって前記前処理を行うことを特徴とする位置計測方法。

【請求項2】 対象画像を入力して所定の前処理を行い、前記対象画像の所定位置の特徴を含むテンプレートによる探索処理を行って、前記所定位置を計測する位置計測方法において、

予め、前記対象画像のサンプル画像に基づいて設定したテンプレートと探索領域に対し、前記前処理のための複数のフィルタ処理の種類と順番、及び前記探索処理のための画像のX方向及びY方向の間引き率や間引き位置を含むパラメータの組合せを、画像の特徴を維持しながら前記探索処理が高速化されるように選択し、

前記対象画像による位置計測に際し、選択されたパラメータの組み合わせによって前記前処理と前記探索処理を行うことを特徴とする位置計測方法。

【請求項3】 請求項2において、

まず、前記パラメータの組合せを適用して使用する画像の解像度を低くした粗の位置計測を行い、その結果により前記探索領域を狭めると共に前記解像度を復旧して密の位置計測を行うことを特徴とする位置計測方法。

【請求項4】 請求項1、2または3において、

前記パラメータの組合せは、前記テンプレートと前記サンプル画像とのマッチング処理による認識度が高くかつ処理時間短くなるように選択することを特徴とする位置計測方法。

【請求項5】 請求項4において、

前記認識度は、前記マッチング処理による前記所定位置における相関値と、前記所定位置以外における最大相関値との差に依存して決定される位置計測方法。

【請求項6】 請求項5において、

前記所定位置以外における最大相関値は、使用する画像に設定される間引き率から複数の画像データが得られる場合に、これら全ての画像データに対するマッチング処理の結果から得ることを特徴とする位置計測方法。

【請求項7】 対象画像を入力して所定の前処理を行い、前記対象画像の所定位置の特徴を含むテンプレートによる探索を行なって、前記所定位置を計測する位置計測装置において、

前記対象画像のサンプル画像に基づいて位置計測に使用するテンプレートを設定するテンプレート領域設定手段

と、前記テンプレートを走査する探索領域を設定するテンプレート探索領域設定手段と、これら手段により設定されたテンプレートと探索領域を用い、前記前処理として前記サンプル画像に施すフィルタ処理の種類と順番を含むパラメータの組合せを画像の特徴が維持または強調されるように選択するパラメータ選択手段とを有する探索戦略決定機構を具備したことを特徴とする位置計測装置。

【請求項8】 対象画像を入力して所定の前処理を行い、前記対象画像の所定位置の特徴を含むテンプレートによる探索処理を行なう位置計測機構を備え、前記所定位置を計測する位置計測装置において、

前記対象画像のサンプル画像に基づいて位置計測に使用するテンプレートを設定するテンプレート領域設定手段と、前記テンプレートを走査する探索領域を設定するテンプレート探索領域設定手段と、これら手段により設定されたテンプレートと探索領域を用い、前記前処理として前記サンプル画像に施すフィルタ処理の種類と順番及び前記サンプル画像のX方向及びY方向の間引き率や間引き位置を含むパラメータの組合せを画像の特徴を維持しながら前記探索処理を高速化できるように選択するパラメータ選択手段とを有する探索戦略決定機構を具備し、

前記探索戦略決定機構で選択されたパラメータの組合せに従って、前記位置計測機構における前処理と探索処理を行うように構成したことを特徴とする位置計測装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は画像を用いた位置計測に関し、特に、自由に設定された対象の位置計測を高速かつ安定に行うために、前処理や間引き処理の組み合わせ戦略を自動的に決定する位置計測方法と装置に関する。

【0002】

【従来の技術】位置計測装置に使用される技術の一つに、画像を用いたものがある。この画像を用いた位置計測装置では、予め位置を計測したい対象をテンプレートとして登録しておき、入力された画像中からテンプレートを走査してテンプレートマッチングを行い、相関値が最も高くなったところで対象の位置を計測する。この技術は、プリント板など様々な工業製品の製造工程で使用され、計測の対象となるマーキングはアライメントマークと呼ばれる。

【0003】この位置計測では、位置計測に適したアライメントマークやそれに代わるパターンを画像で設定し、テンプレートマッチングを用いて設定したアライメントマークが安定に計測できるように調整している。具体的な調整内容としては、高速に処理するための画像の解像度、安定に計測できるように画像中の特徴量を強調する前処理、さらに解像度と前処理の組み合わせなどが

ある。位置計測の対象毎に、これらの調整を画像処理に精通した開発者が試行錯誤的に行っている。

【0004】画像を用いた位置計測の従来技術として、位置計測処理を粗い測定と密な測定との二段階にわけて実施する方法がある。すなわち、画像の解像度を低くして高速に粗く位置計測を行い、二段階目の計測で高解像度の画像を使用して高精度に位置計測する。この方法の一例を示す特開平8-111599号によれば、二段階に処理を分ける方法として、濃度投影を使用して大体の位置を高速に抽出し、その後、テンプレートと入力画像の相関値を算出して精度良く位置計測を行う方式を採用している。図2のフローチャートに、前処理、粗い位置計測処理及び密な位置計測処理による一般的な位置計測の手順を示す。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】画像を使用して位置計測を行う場合、設定されたテンプレートが入力画像中でいかに高速に、そして安定に検出できるかが重要になる。二段階に処理を分ける方法では、アライメントマークが小さかったり、パターンが複雑で安定に濃度投影が得られない場合に、安定に位置計測をすることが困難となる。また、画像の解像度を低くして、データ量を小さくして位置計測を行うことも考えられるが、この方法もアライメントマークが小さかったり、パターンが複雑な場合には、画像中の特徴が欠落してしまい、テンプレートマッチングによる安定なマッチングができない。

【0006】安定にマッチング処理を行うためには、画像の解像度を落しても特徴が欠落しないように画像の特徴を強調したり、特徴が欠落しないように解像度を落す度合いを調節する必要がある。つまり、使用する画像の状況に応じて位置計測を行う戦略を変える必要があり、テンプレートの設定や探索する領域、高速化のための解像度など、位置計測に必要なパラメータの調整が必要になる。

【0007】図3に、従来の戦略決定の手順を示す。従来は、探索戦略設定(S24)において、作業者が前処理に用いるフィルタの種類や画像データの縮小率(間引き率)などのパラメータを経験的に設定していた。そして、複数のサンプルに対して評価を行い(S25)、要求された性能を満たさない場合(NG)はフィードバック(S28)により探索戦略の再設定を行う。もし、探索戦略の変更だけで性能を満たさない場合には、さらにフィードバックS27、S26と、テンプレートや探索領域の再設定が必要になる。

【0008】このように、従来はサンプルを評価する度に、作業者が長時間かけてパラメータの再設定、再評価を行うため、作業者に重い負担となっている。さらに、画像特徴の強調処理は熟練者のノウハウを必要とするため、一般の作業者には困難な作業となっている。

【0009】本発明の目的は、従来技術の問題点を克服

し、パラメータの最適化等を自動的に行い、作業者が介入することなく高速で安定な位置計測手法の戦略を決定できる位置計測装置を提供することにある。

【0010】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成する本発明の位置計測方法は、対象画像を入力して所定の前処理を行い、前記対象画像の所定位置の特徴を含むテンプレートによる探索処理を行って前記所定位置を計測する場合に、予め、前記対象画像のサンプル画像に基づいて設定したテンプレートと探索領域に対し、複数のフィルタ処理の種類と順番からなるパラメータの組み合わせを、画像の特徴が維持または強調されるように選択し、前記対象画像による位置計測に際して、選択されたパラメータの組み合わせによって前記前処理を行うことを特徴とする。

【0011】また、前記前処理のための複数のフィルタ処理の種類と順番及び前記探索処理のための画像のX方向及びY方向の間引き率や間引き位置を含むパラメータの組合せを、画像の特徴を維持しながら前記探索処理が高速化されるように選択し、前記対象画像による位置計測に際し、選択されたパラメータの組み合わせによって前記前処理と前記探索処理を行うことを特徴とする。

【0012】また、前記対象画像の位置計測は二段階に行い、まず、前記パラメータの組合せを適用して使用する画像の解像度を低くした粗の位置計測を行い、その結果により前記探索領域を狭めると共に前記解像度を復旧して密の位置計測を行う。

【0013】また、前記パラメータの組合せは、前記テンプレートと前記サンプル画像とのマッチング処理による認識度が高くかつ処理時間短くなるように選択することを特徴とする。前記認識度は、前記マッチング処理による前記所定位置における相関値と、前記所定位置以外における最大相関値との差に依存して決定される。なお、前記所定位置以外における最大相関値は、使用する画像に設定される間引き率から複数の画像データが得られる場合に、これら全ての画像データに対するマッチング処理の結果から得ることを特徴とする。

【0014】本発明の位置計測装置は、対象画像を入力して所定の前処理を行い、前記対象画像の所定位置の特徴を含むテンプレートによる探索を行なって、前記所定位置を計測するものであって、前記対象画像のサンプル画像に基づいて位置計測に使用するテンプレートを設定するテンプレート領域設定手段と、前記テンプレートを走査する探索領域を設定するテンプレート探索領域設定手段と、これら手段により設定されたテンプレートと探索領域を用い、前記前処理として前記サンプル画像に施すフィルタ処理の種類と順番を含むパラメータの組合せを画像の特徴が維持または強調されるように選択するパラメータ選択手段とを有する探索戦略決定機構を具備したことを特徴とする。

【0015】あるいは、対象画像を入力して所定の前処理を行い、前記対象画像の所定位置の特徴を含むテンプレートによる探索処理を行なう位置計測機構を備え、さらに、前記対象画像のサンプル画像に基づいて位置計測に使用するテンプレートを設定するテンプレート領域設定手段と、前記テンプレートを走査する探索領域を設定するテンプレート探索領域設定手段と、これら手段により設定されたテンプレートと探索領域を用い、前記前処理として前記サンプル画像に施すフィルタ処理の種類と順番及び前記サンプル画像のX方向及びY方向の間引き率や間引き位置を含むパラメータの組合せを画像の特徴を維持しながら前記探索処理を高速化できるように選択するパラメータ選択手段とを有する探索戦略決定機構を備え、前記探索戦略決定機構で選択されたパラメータの組合せに従って、前記位置計測機構における前処理と探索処理を行うように構成したことを特徴とする。

【0016】本発明によれば、作業者がテンプレート領域とテンプレートの探索領域を設定すれば、使用する画像に応じて安定な位置計測を可能にする前処理のフィルタ処理を自動的に選択することができる。

【0017】また、前処理でのフィルタ処理と探索処理での画像の解像度（間引き率）の組み合わせを、解像度を低くした場合でも位置計測に必要な特徴を失うことのないように自動的に選択することができるので、高速で安定な位置計測のためのパラメータ調整作業が著しく軽減できる。

【0018】つまり、本発明によれば、作業者はアライメントマークもしくはそれに代わるパターンを装置に設定するだけで、対象毎に作成された戦略による高速かつ安定な位置計測を行うことができる。

【0019】

【発明の実施の形態】以下、本発明の一実施形態を図面を用いて詳細に説明する。図1は、一実施例による画像を用いた位置計測装置の処理機能を示すブロック図である。本実施例の位置計測では、予め登録したテンプレート画像が入力画像のどの部分と最もマッチングしているか、相関値を調べることによって該当位置を探索する。そのため、テンプレート画像や探索戦略を設定する探索戦略設定機構1と、それらの情報を記録する記録手段6と、設定された戦略を使用して位置計測を行う位置計測機構7から構成される。

【0020】探索戦略設定機構1は、サンプル画像取得手段2で位置計測に使用する画像のサンプルを取得し、位置計測テンプレート領域設定手段3で取得したサンプル画像のアライメントマークの領域に対し、作業者がグラフィックインターフェース（GUI）を用いてテンプレート画像の設定を行う。さらに、テンプレート探索領域設定手段4で、テンプレートを探索するサンプル画像中の領域を設定する。

【0021】次に、位置計測戦略自動決定手段5で、作

業者が設定したテンプレート画像と探索領域を評価して、位置計測を高速かつ安定に行えるように、画像にかける強調処理などの前処理や高速化手法を自動的に決定する。

【0022】探索戦略設定機構1で行われる処理はオフラインで実施されるため、決定されたテンプレート画像、探索領域情報及び探索戦略情報は、記録手段6のそれぞれテンプレート画像領域61、探索領域情報領域62及び探索戦略テーブル63に格納される。

【0023】オンラインの計測を行う位置計測機構7は、記録手段6に格納されているテンプレート画像と探索領域の入力画像に対し、決定された探索戦略の手法を用いて探索する。このため、画像取得手段8で実際に位置測定する入力画像を取得し、位置計測処理手段9が探索戦略に従い入力画像中のテンプレートの位置を探索する。結果出力手段10では、計測結果をディスプレイ上に表示すると共に、結果を必要とする位置制御装置などに送信する。

【0024】以下、本発明をプリント基板検査装置に適用した例で説明する。図4に、プリント基板検査装置の位置計測機構を示す。まず、位置計測を行う対象のサンプル（良品）の基板49をステージ43上に載せる。カメラ41によりサンプルの画像を取得し、位置計測装置42に伝送する。プリント基板検査装置では検査データに従い、基板上に実装されている対象部品に対してカメラ41の位置を制御し、部品形状やサイズを検査する。以下では、プリント基板上のアライメントマークの位置計測を例にして説明する。

【0025】位置計測装置42はパソコン（PC）などの計算機装置で構成され、上述の探索戦略設定機構1と、記録手段6と、位置計測機構7を備え、一連の処理を実行する。はじめに、作業者がディスプレイ44に表示されたサンプルの基板49の画像45に対し、アライメントマーク46を含むテンプレート46の指定、アライメントマークを探索する探索領域48の指定を行う。この設定に基づいて、後述するように探索戦略が自動的に決定される。

【0026】次に、検査対象のワークが次々とステージ43上に載せられて、基板検査のオンライン処理が開始される。位置計測機構7はカメラ41によるワークの画像と、記録手段6に格納された探索戦略を用いて、アライメントマーク46の位置計測を行う。計測された位置情報は、プリント板上の搭載部品もしくはプリント板自身の位置補正に使用される。つまり、計測されたアライメントマークの位置情報を用いて、ステージ43を動作させ位置補正を行う。

【0027】次に、位置計測機構7の処理内容を説明する。図2のように、まず、位置計測に使用するワークの画像を取得する（S11）。本実施例の位置計測は、処理を高速にするために粗い位置計測を行い（S14）、そ

の狭い範囲に限定し、画像データを縮小せずに、高精度に位置計測するための密な位置計測処理を行う（S15）。これにより、高精度な位置計測を高速に実行できる。

【0028】処理S14の粗い位置計測処理では、位置計測に使用する画像データを縮小し、処理に使用するデータ量を小さくして位置計測処理を高速化している。このとき、単純に画像データを縮小すると、テンプレートや入力画像中の特徴が欠落してしまい、認識率の低下を生じて安定な位置計測が困難になる。

【0029】そこで、本実施例では使用する画像に対し、前処理1～前処理nにより複数のフィルタ処理を行い（S12、S13）、テンプレートや入力画像中の特徴を強調ないし誇張する。これにより、画像データを縮小しても、テンプレート中の特徴の欠落を防止できる。本実施例では、作業者が設定したテンプレートと探索領域において、前処理のためのフィルタ処理の組合せや、高速化のための間引き率を自動的に設定する。

【0030】本実施例は、図3における探索戦略の設定（S24）とサンプル評価（S25）を自動化し、探索戦略の複数のパラメータの最適な組合せの決定に、遺伝的アルゴリズム：GA（ニューロ／遺伝的手法の実験と応用：インターフェース、1992年2月号）を採用している。以下、本実施例における自動化の手法を詳細に説明する。

【0031】図5は、探索戦略のパラメータの要素と戦略管理の説明図を示す。前処理として行うフィルタ処理には、平滑化フィルタ、エッジ強調フィルタ、最大値フィルタ、最小値フィルタ、中間値フィルタがある。それぞれのフィルタは窓サイズや重み係数といったパラメータにより、複数の処理が存在する。図6に、フィルタの一例を示す。平滑化フィルタとしてフィルタA、エッジ強調フィルタとしてフィルタB、Cなどがある。

【0032】このため、フィルタ処理のパラメータの組み合わせは膨大な数になる。本実施例では、処理無しも含めて15種類のフィルタ処理を、探索戦略のパラメータとし、図5（b）の戦略管理テーブルに示すように、5段のフィルタ処理の組合せを作成する。もちろん、前処理のフィルタの種類や処理の組合せは、対象とする画像に応じて適宜に変更可能である。

【0033】図7に、複数のフィルタ処理の作用を説明する。例えば、アライメントマークを含むテンプレート画像71に対し、最小値フィルタを適用して画像72を生成する。画像72では、アライメントマークの暗部（黒）が最小値フィルタ処理により拡大して、強調されている。これにより、アライメントマークの特徴を強調して、高速化のための解像度低下（間引き）を可能にしている。

【0034】あるいは、テンプレート画像71に対し、垂直エッジ強調フィルタ処理を行い、その結果の画像7

3に対して、最大値フィルタ処理を実行して、画像74を生成する。アライメントマークの垂直成分のみを強調し、膨張することで、特徴が欠落することなく間引いたテンプレート画像が得られる。これにより、マッチングに使用するテンプレート画像の解像度をより低下でき、テンプレート画像がより複雑な場合にも、安定したマッチング処理が可能になる。

【0035】図8に、探索戦略のパラメータである間引き率の説明図を示す。説明を簡単にするために、テンプレート画像8×8画素、入力画像に14×14画素を用いて説明する。間引き率はX方向およびY方向で独立に設定する（図5）。図示の例は、X方向の間引き率＝2、Y方向の間引き率＝3である。このとき、テンプレートマッチングに使用されるデータは、黒丸の画素で示してある。

【0036】間引き率を大きくすると（解像度を低くすると）、マッチング処理に使用されるデータ量が少なくなるので、高速処理が可能となる。しかし、間引き率を大きくすると画像の特徴が欠落しやすく、テンプレートと入力画像との適切な相関値を算出することができない。そのため、処理対象の画像によって間引き率の調整を行う必要がある。

【0037】本実施例では、前処理でのフィルタ処理の組み合わせと、マッチング処理での間引き率を自動的に調節し、高速で安定な位置計測ができるパラメータの最適な組合せを探索戦略として決定し、戦略管理テーブル63に格納する。フィルタ処理の組み合わせは膨大になり、その最適な組み合わせは対象とするテンプレート画像と探索対象となる入力画像や、解像度によって変化する。そこで、探索戦略の自動設定を前処理および間引き率の最適組み合わせ問題としてとらえ、GAを用いて最適化する。GAは、最適化するパラメータの組み合わせを遺伝子に見立て、遺伝子をランダムに発生させ良好な結果が得られる組み合わせを見つける最適化手法の一つである。

【0038】図9に、本実施例における遺伝子の説明図を示す。（a）は遺伝子構造で、間引き率はX方向、Y方向それぞれ4ビット（0～15）で、また、フィルタ処理は5段階の処理をそれぞれ4ビットで設定する。

（b）は遺伝子の一例を示し、間引き率X方向＝5（0101）、Y方向＝3（0011）としている。前処理のフィルタには、フィルタB（0010）、フィルタA（0001）、フィルタD（0100）、フィルタF（0110）、処理無し（0000）の5段階の組合せによるフィルタ処理を行う。（c）は、処理無しを含むフィルタA～Oの16種類の遺伝子マッピング値（4ビット）を示す。（b）の各フィルタはこの遺伝子マッピング値により設定されている。

【0039】図10は、本実施例におけるGAの処理を示す。まず、遺伝子の初期集団を生成する（S31）。初期集団の遺伝子は、乱数により幅広い種類のn個の遺

伝子をする。図9 (b) を例に取ると、28ビットからなる遺伝子のビット配列に対し、乱数を用いて無作為に n 個生成する。

【0040】次に交叉によって n 個の子供遺伝子を作成する (S32)。図11に示すように、二つの遺伝子からランダムに切断面を決定し、二つの遺伝子を交叉させて子供遺伝子を生成する。たとえば、乱数により10ビット目に切断面を設定し、二つの親遺伝子の10ビット以下をそっくり入れ替えて、二つの子供遺伝子を生成する。

【0041】次に、突然変異により、生成された $2n$ 個の遺伝子から n 個の遺伝子を生成する (S33)。図12に示すように、突然変異は一つ一つのビット毎にある一定以上の確率でビット反転を実施する。たとえば、13ビット目に対して、突然変異値を乱数によって生成し、突然変異値がある値以上の場合、ビット反転を行う。これによって、遺伝子を微小に変化させることができる。

【0042】以上によって $3n$ 個になった遺伝子に対し、それぞれの遺伝子の優劣を示す適合度を算出する (S34)。そして、淘汰により、適合度の低い遺伝子が消滅し、次の世代に残す遺伝子の個数を n 個にする (S35)。S32～S35までの一連の処理が1世代分である。この1世代分の n 個の遺伝子の中に、最適化の終了条件を満たしているものが存在するか判定し (S36)、終了条件を満たしていない場合は、S32の交叉から処理を繰り返す。終了条件は、適合度が予め定めた閾値を超えている遺伝子が存在する場合、または、繰り返し回数が規定回数 (例えば、30世代分) を超えた場合に成立する。

【0043】本実施例では、交叉、突然変異、淘汰の方法を上記のように行っているが、同様の作用を実現できれば、どのような方法でも構わない。つまり、新しい遺伝子を古い遺伝子から生成する (交叉)、ある一定の確率で遺伝子に変化を生じさせる (突然変異)、遺伝子の数を世代毎に一定に保つ (淘汰) ができればよい。

【0044】次に、処理S34の適合度の算出について説明する。本実施例での適合度は、認識度と処理速度の2つの要素を考慮し、どちらの要素の良否にも依存するように互いに掛け合わせる。さらに、認識度と処理速度の重みを調整できるように、各々の重み係数 m (≥ 0)、 n (≥ 0) で階乗する形式とする。重み係数 m 、 n は、位置計測の精度と処理時間の何れを重視するかの基本戦略により決まるもので、通常はほぼ固定的に扱える。本実施例の適合度は数1のように定義する。

【0045】

【数1】

適合度 = (認識度の m 乗) \times (処理速度の n 乗)

ここで、処理速度は、相関値の計算時間に反比例するため、間引き率、テンプレートや探索領域の大きさ、前処

理時間に依存する。一方、認識度は、「正解位置の見つけ易さ」と、「誤認識のし難さ」とに依存し、各要素は正解位置と不正解位置での相関値に依存する。本実施例の認識度は数2のように定義する。

【0046】

【数2】認識度 = (正解位置の見つけ易さ) \times (ご認識のし難さ)

正解位置の見つけ易さ = 正解位置での相関値 - 閾値1

誤認識のし難さ = 正解位置での相関値 - 不正解位置での最大相関値 - 閾値2ここで、「正解位置の見つけ易さ」及び「誤認識のし難さ」の0以下の値は、それぞれ0とする。数2の認識度を決定するために、テンプレートと入力画像とのマッピング処理を行い、「正解位置での相関値」、「不正解位置での最大相関値」を求める。このマッピング処理には、遺伝子情報の間引き率と前処理 (フィルタ処理の組合せ) を用いる。

【0047】図13に、マッピング処理によって求められる相関値分布の概念図を示す。最も高い相関値のピーク61が「正解位置での相関値」、次に高い相関値のピーク62が「不正解位置での最大相関値」である。数1、数2より、適合度は相関値の計算時間が短いほど、また、相関値61が大きいほど、相関値62が小さいほど、大きくなる。

【0048】本実施例では、以上のように適合度を定義しているため、各々の要素の組み合わせを調整して、処理速度を優先させるか、認識度を優先させるかを自由に設定することもできる。

【0049】さらに、安定にテンプレートマッチングを行うように戦略を決定するためには、テンプレートマッチングの処理に使用されるデータ集合を全ての組に対して評価する必要がある。

【0050】図14に、間引き率と適合度の関係を示す。図示のように、入力画像に対し、X方向間引き率が2、Y方向間引き率が3に設定された場合、マッチング処理に使用されるデータ集団は (イ) ～ (ハ) の6種類となる。これら6種類のデータの全てに対し、安定なマッチング処理を実現する必要がある場合には、適合度の計算に際し6種類全てのマッチング処理を行い、数1の計算式にあてはめることで実現する。つまり、不正解位置での最も高い相関値62は、入力画像から間引きされた6種類のデータの中から、不正解の相関値で最も高い値が選択されることになる。ただし、適合度を算出するにあたって、上記のように全てのデータ集団を考慮することは必須の要件ではない。

【0051】本実施例では、数1、数2に示した計算式で適合度を算出したが、認識度の各要素に重み付けをしたり、単に「正解位置の相関値」と「不正解位置の最大相関値」の差から認識度を求めるなど、種々の変形が可能である。さらに、同様の性質をもつ適合度が算出できしのであれば、全く異なる計算式によってもよい。

【0052】また、本実施例ではパラメータ組合せの最適化の手法としてGAを採用したが、ある評価関数（適合度）のパラメータを最適化する手法であれば、最急降下法など、他の手法によってもよい。

【0053】以上のように、本発明の実施形態では、使用する画像に最適な位置計測戦略を自動的に設定することが可能である。その戦略は、より高速に、より安定になるように最適化されており、従来作業者が行っていた調整作業を簡単かつ効率よく行うことができる。

【0054】なお、図4の位置計測装置の各手段は、図1のように複数の物理的手段により実現されてもよい。あるいは、複数の手段による機能が一つの物理的手段に纏められて実現されてもよい。ちなみに、本実施例では一般のPC（動作周波数200MHz程度）を使用し、一つの物理的手段で実現している。このPCにより最適な位置計測戦略を求めるのに、テンプレート画像（60×60画素）と探索画像（512×440画素）を使用した場合、500秒程度で済む。従来の人手により試行錯誤しながら調整していた作業時間から見れば無に等しいものである。

【0055】

【発明の効果】本発明の位置計測によれば、使用する画像の特徴を維持ないし強調できるフィルタ処理の最適な組合せを前もって自動的に決定できるので、精度の高い位置計測が可能になると共に、画像の前処理に要していた作業時間を大幅に短縮でき、作業者はテンプレート領域と探索領域を設定する簡単な作業ですむので熟練を要しない。

【0056】また、画像の解像度（間引き率）の最適な組合せ、さらには前処理のフィルタ処理と画像の解像度の最適な組合せを自動的に決定できるので、対象の位置計測を高速かつ安定に行える効果がある。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施例による位置計測装置の構成

図。

【図2】画像を用いた位置計測の一般的な処理手順を示すフロー図。

【図3】従来の探索戦略の決定手順を示すフロー図。

【図4】本発明の位置計測装置をプリント基板検査に適用した概略の説明図。

【図5】探索戦略のパラメータと探索戦略テーブルのデータ構成を示す説明図。

【図6】複数のフィルタ処理のフィルタ係数を示す説明図。

【図7】複数のフィルタ処理の組合せによる作用、効果を示す説明図。

【図8】テンプレートと入力画像に適用する間引き率の説明図。

【図9】一実施例による遺伝子の構成を示す説明図。

【図10】一実施例による遺伝的アルゴリズム（GA）の処理手順を示すフロー図。

【図11】GAの処理内容（交叉）を示す説明図。

【図12】GAの処理内容（突然変異）を示す説明図。

【図13】マッチング処理による相関値の分布を示す説明図。

【図14】間引き率と適合度算出との関係を示す説明図。

【符号の説明】

1…探索戦略設定機構、2…サンプル画像取得手段、3…位置計測テンプレート領域設定手段、4…テンプレート探索領域設定手段、5…位置計測戦略自動決定手段、6…記憶手段、7…位置計測機構、8…画像取得手段、9…位置計測処理手段、10…結果出力手段、41…カメラ、42…位置計測装置、43…ステージ、44…ディスプレイ、45…画像、46…テンプレート、47…アライメントマーク、48…探索領域、49…プリント基板、63…探索戦略テーブル。

【図6】

図 6

1	1	1
1	1	1
1	1	1

フィルタA

-1	0	1
-1	0	1
-1	0	1

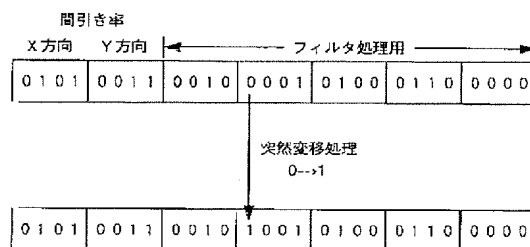
フィルタB

-1	-1	-1
0	0	0
1	1	1

フィルタC

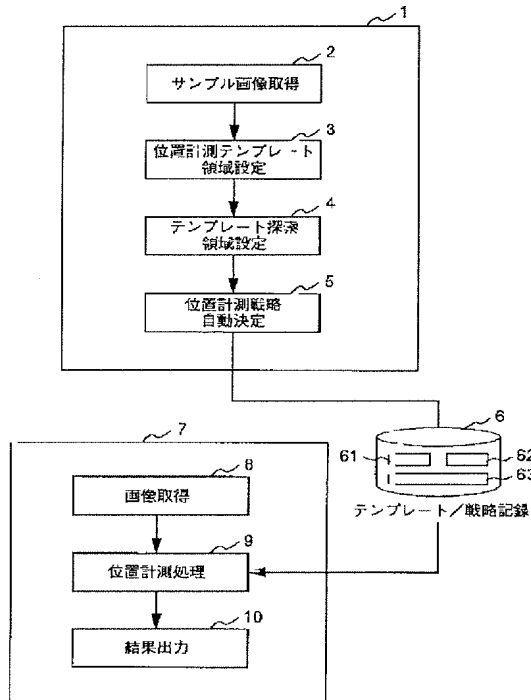
【図12】

図 12



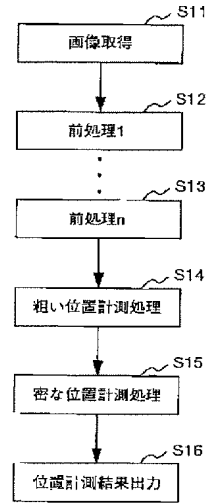
【図1】

図 1



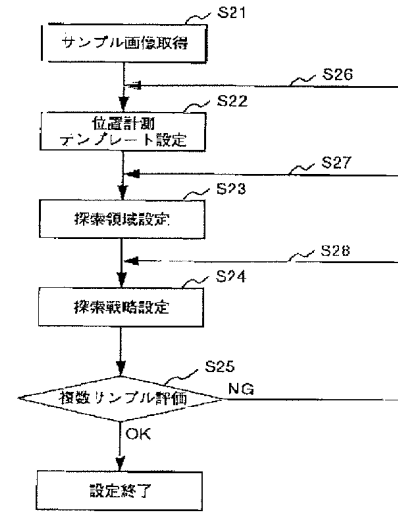
【図2】

図 2



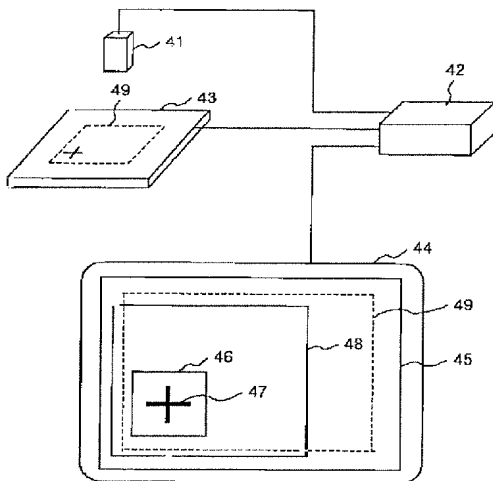
【図3】

図 3



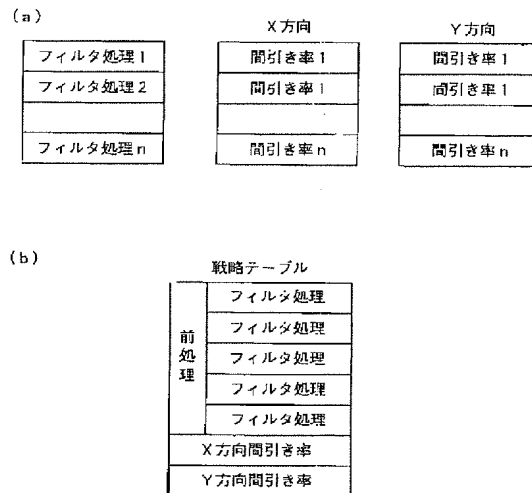
【図4】

図 4



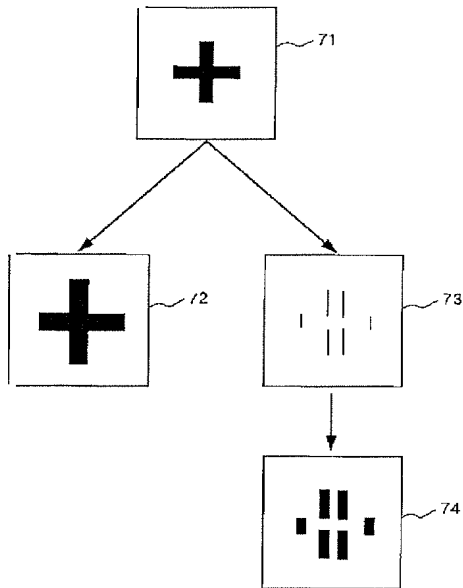
【図5】

図 5



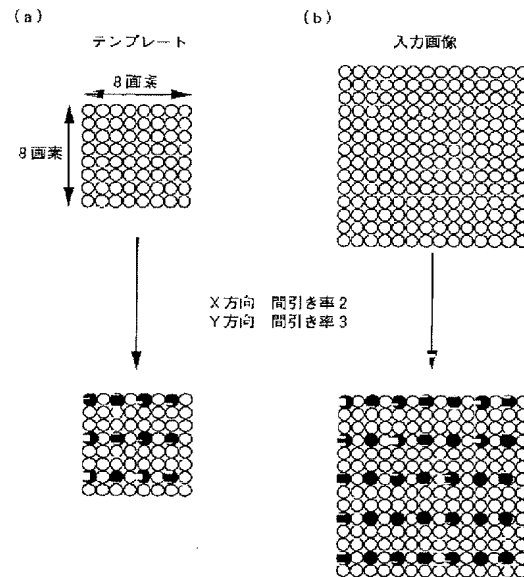
【図7】

図 7



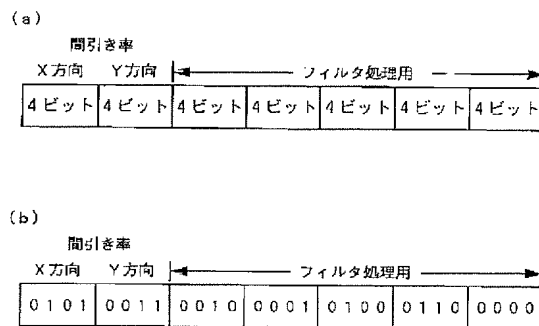
【図8】

図 8



【図9】

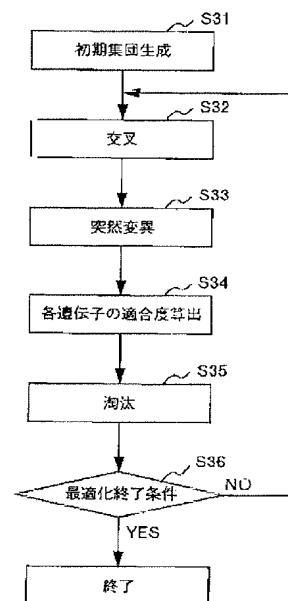
図 9



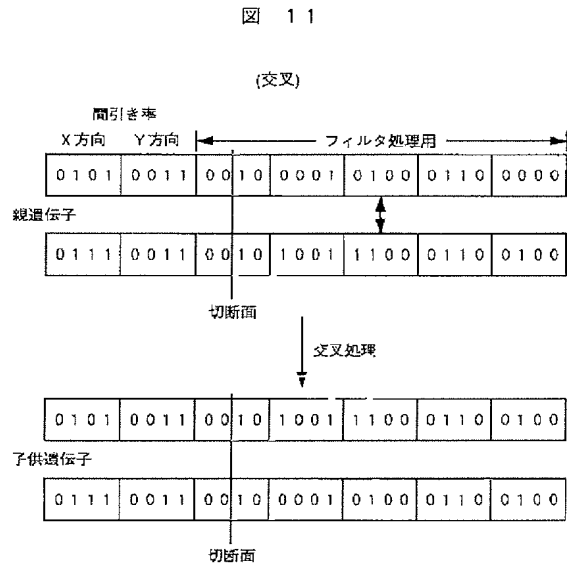
フィルタの種類	遺伝子マッピング値
処理無し	0000
フィルタA	0001
フィルタB	0010
フィルタC	0011
フィルタD	0100
フィルタE	0101
フィルタF	0110
...	...
フィルタO	1111

【図10】

図 10

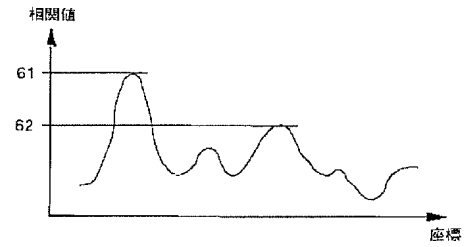


【図11】



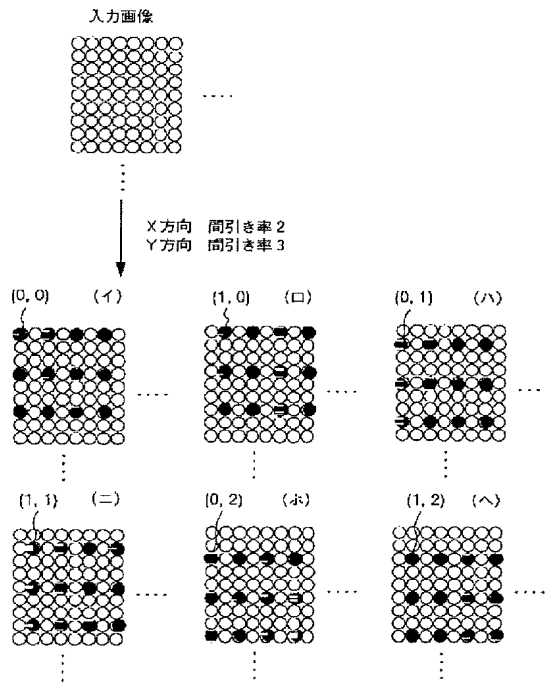
【図13】

図 13



【図14】

図 14



フロントページの続き

(72)発明者 大塚 裕史
茨城県日立市大みか町七丁目1番1号 株
式会社日立製作所日立研究所内
(72)発明者 小林 芳樹
茨城県日立市大みか町七丁目1番1号 株
式会社日立製作所日立研究所内
(72)発明者 清水 英志
茨城県日立市大みか町五丁目2番1号 日
立プロセスコンピュータエンジニアリング
株式会社内

(72)発明者 今井 聡彦
茨城県日立市大みか町五丁目2番1号 日
立プロセスコンピュータエンジニアリング
株式会社内
Fターム(参考) 2F065 AA03 BB27 CC01 DD06 FF04
JJ03 JJ19 JJ26 QQ24 QQ31
QQ33 QQ39 QQ41 SS13 TT02
5B057 AA03 BA02 BA24 CD07 CE06
DA07 DA16 DC33